

남한강 달천에 서식하는 참중고기 *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae* (Pisces: Cyprinidae)의 산란숙주조개 이용에 관한 연구

김형수 · 윤정도¹ · 양 현¹ · 박종영*

전북대학교 자연과학대학 생물학과, 부설 생물다양성연구소, ¹(주)생물다양성연구소

Host Mussel Utilization for Spawning of the Oily Shinner, *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae* (Pisces: Cyprinidae), Inhabiting the Dalcheon, Namhangang (river) from Korea by Hyeong Su Kim, Jung Do Yoon¹, Hyun Yang¹ and Jong Young Park* (Department of Biological Science and Institute for biodiversity, College of Natural Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea; ¹Institute of Biodiversity Research, Jeonju 561-211, Korea)

ABSTRACT Host mussel utilization for spawning of the oily shinner, *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae* (Pisces: Cyprinidae), from Korea was investigated in part of the Dalcheon (river) in Cheongcheon-myeon, Goesan-gun, Chungcheongbuk-do, Korea from April to June 2011, 2013. The non-synchronicity of mature and immature eggs obtained from females of *S. v. wakiyae* and the number of spawned eggs found was less than those in the mussels, suggesting that these fish may be batch spawners. Five species of freshwater mussels - *Unio douglasiae sinuolatus*, *Lanceolaria grayana*, *Anodonata arcaeformis flavotincta*, *Lamprotula leai*, *Corbicula fluminea* - were found at the survey area (wild conditions) but three species of freshwater mussels - *A. a. flavotincta* (oviposition rate, 50.0%), *U. d. sinuolatus* (16.2%), *L. leai* (11.1%) - were host of *S. v. wakiyae*. Spawning of *S. v. wakiyae* occurred mainly in the mantle cavity (wild conditions, 77.4%; experiment, 62.8%) of the mussels that were connected more to the inhalant siphon than the suprabranchial cavity (22.6%; 31.8%) that linked to the exhalant siphon. Bitterlings prefer to lay eggs in *L. leai* and *S. v. wakiyae* prefers *A. a. flavotincta* as a spawning host. These were considered to be the result of niche partitioning.

Key words : *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae*, oily shinner, host mussel utilization, freshwater mussels, batch spawners

서 론

중고기 (*Sarcocheilichthys*)속 어류는 잉어과 모래무지아과 (Cyprinidae, Gobioninae)에 속하는 순수 담수어류로 아무르강 (Amur river)부터 송코이강 (Song-Koi river)까지 중국, 베트남, 한반도와 일본 등 동아시아 지역에만 분포하며 하천, 강, 호수의 중·하류에 주로 서식한다 (Bănărescu and Nalbant, 1973; Yue, 1998; Zhang *et al.*, 2008). 본 속은 납자루아과 (Acheilognathinae) 어류와 같이 산란시기에 혼인색이 아름답고, 담수산 이매패 (bivalves)의 체내에 산란관 (ovipositor)

을 이용하는 산란습성을 가지고 있다 (Luo *et al.*, 1977). 우리나라에는 참중고기 *S. variegatus wakiyae*와 중고기 *S. nigripinnis morii*, 북방중고기 *S. n. czerskii*의 3종 및 아종이 알려져 있다 (김, 1997).

본 연구 대상종인 참중고기는 한국고유종으로 주로 맑은 하천이나 저수지에 살면서 수서곤충, 갑각류나 실지렁이를 주로 먹는다 (김, 1997; 김과 박, 2002). 산란기는 4~6월로 담수산 이매패의 입수공을 통하여 외투강에 산란하며 최근 발행된 한국의 멸종위기 야생동·식물 적색자료집 (Red data book)에서는 준위협종 (NT)로 지정되었다 (국립생물자원관, 2011).

국내 중고기속 어류의 산란생태에 관한 연구에서 중고기는 엽은재첩 *Corbicula papyracea*과 채첩 *C. fluminea*의 외투

*Corresponding author: Jong Young Park Tel: 82-63-270-3344
Fax: 82-63-270-3362, E-mail: park7877@jbnu.ac.kr

강에 산란하는 것으로 보고되었고(강 등, 2007), 일본의 *S. v. variegatus*는 *Pronodularia japonensis*, *Inversidens brandti*, *Obovalis omiensis*, *Laceolaria grayana* and *Anodonta* spp. 등 여러 종의 이매패에 산란이 이루어지는 것으로 알려져 있다(Nakamura, 1969; Kitamura, 2011). 그러나 아직까지 참중고기의 산란숙주조개 이용이나 산란생태에 관한 연구는 미약한 실정이다.

일본에서는 중고기속 어류 4종 및 아종을 환경성(環境省)의 Red list에 등록하여 법적으로 보호하고 있으며, 이들 종은 강이나 수로의 인공호안화나 담수산 이매패의 소실로 인하여 멸종위기에 처해있다고 알려져 있다(Negishi et al., 2008; 前畑, 2010). 최근 우리나라에서는 하천 개발과 서식환경의 급격한 변화로 참중고기의 서식처가 매우 불안정한 상태이지만 중 보호와 자원 유지를 위한 기초생물학적 연구와 주변환경과의 상호관계에 관한 연구는 매우 부족하다. 이에 본 연구에서는 참중고기 산란과 밀접한 연관이 있는 산란숙주조개 이용과 산란생태에 대한 연구를 통하여 체계적인 종보전과 관리방안을 위한 기초자료를 마련하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사시기 및 채집 지점

참중고기의 산란숙주조개 이용에 관한 연구를 위해 참중

고기가 비교적 많고 여러 종의 이매패가 서식하는 충청북도 괴산군 청천면 달천 일대(36° 40'39.38"N, 127° 46'38.89"E)에서 이들의 산란시기인 2011년과 2013년 4~6월에 조사와 실험을 시행하였다(Fig. 1). 본 달천 전 수역에서는 일부 지점에서 적은 수지만 중고기 출현에 대한 보고가 있었다(손, 1991; 최와 정, 2001). 그러나 조사기간 동안 중고기는 전혀 채집되지 않아서 본 조사에서 확인된 이매패 내 중고기속 알은 모두 참중고기로 분석하였다. 본 조사지점에서는 작은말조개 *Unio douglasiae sinuolatus*, 칼조개 *L. grayana*, 작은대칭이, *A. arcaiformis flavotincta*, 꽃체두드럭조개 *Lamprotula leai*, 재첩 *Corbicula fluminea*의 5종이 동소서식하였다.

2. 참중고기의 완숙한 알 수

참중고기의 이매패 내 산란가능한 알 수를 조사하기 위하여 참중고기는 투망(망목, 7×7 mm)과 족대(4×4 mm)를 이용하여 채집하였고 종의 동정은 김(1997), 김과 박(2002)을 따랐다. 채집된 참중고기 중 산란이 가능할 정도로 산란관이 신장된 암컷만을 선별한 후 마취제(MS-222, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 사용하여 마취한 채 복부를 압박하여 채란하였다. 이 중 난경 1 mm 내외의 미숙한 알은 제외하였고 2 mm 이상의 완숙한 알이 3개 이상 채란된 경우만 계수하였다. 채란한 암컷은 체장(standard length)과 산란관 길이(ovipositor length)를 측정된 후 마취에서 깨어나면 모두 방류하였다.

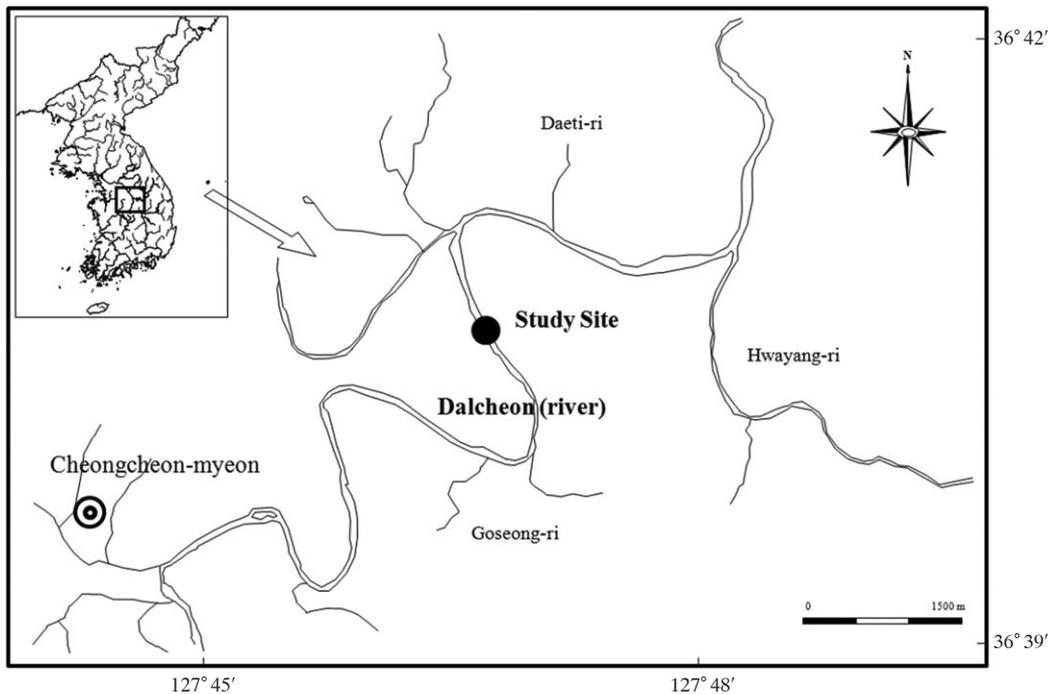


Fig. 1. A map of the study site of *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae* at the Dalcheon (river), Cheongcheon-myeon, Goesan-gun, Chungcheongbuk-do, Korea from April to June 2011, 2013.

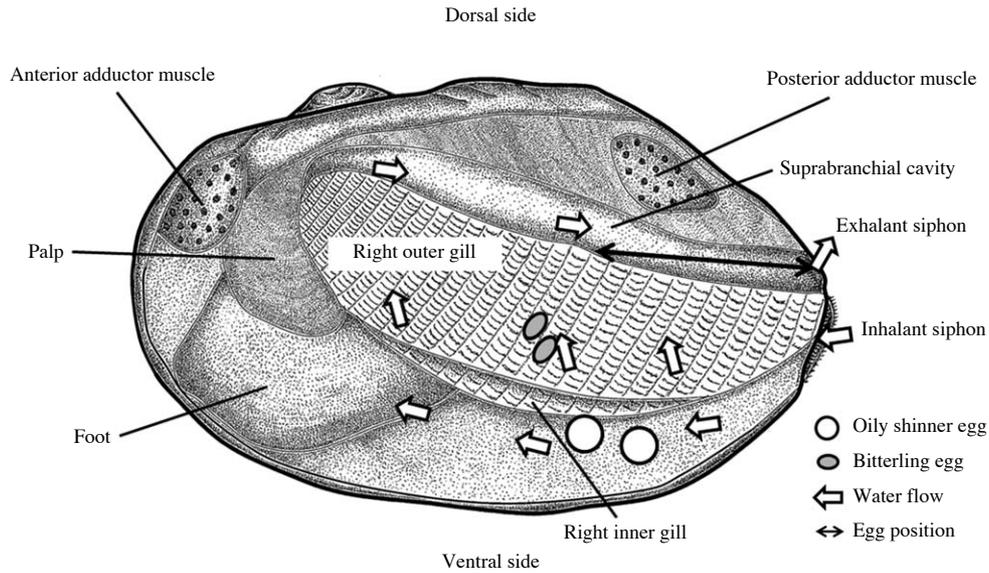


Fig. 2. Diagrammatic anterior-posterior cross-section of a freshwater mussel.

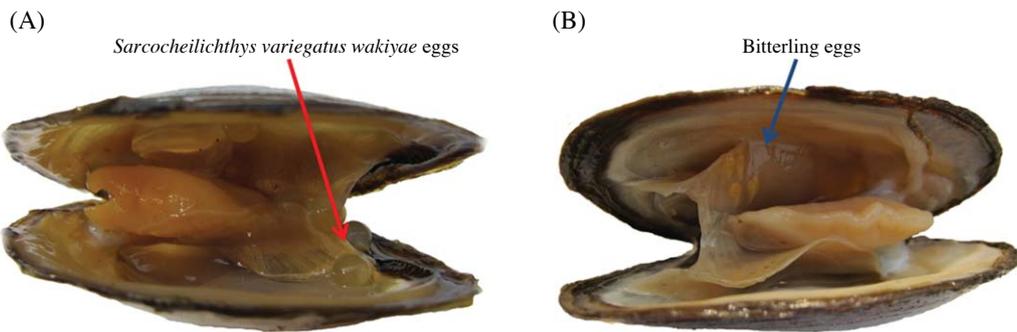


Fig. 3. Photograph of *Anodonta arcaeformis flavotincta* (A) with *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae* eggs and *Lamprotula lei* (B) with bitterling eggs at the Dalcheon (river) from April 2011.

3. 산란숙주 선택성 (자연상태)

참중고기가 산란숙주로 이용하는 이매패를 확인하기 위하여 수중잡수를 통해 손으로 채집하였고 동정은 민 등(2004)에 따랐다. 채집된 모든 이매패는 1/20 mm vernier caliper를 이용하여 0.1 mm까지 각장을 측정하였고 패각을 5~10 mm 정도 열어서 산란여부를 확인하였다. 이매패 안에서 확인된 참중고기의 알은 난황이 노란색으로 난막이 반투명한 타원형의 분리침성난이고 난경은 3.5~4.0 mm로 나타났다. 동소적으로 출현하고 있는 납자루아과 어류의 알은 난황이 더 진한 노란색이고 참중고기 알보다 소형(납자루 *Acheilognathus lanceolatus*, 4.58 × 1.49 mm; 묵납자루 *A. signifer*, 2.19 × 1.85 mm; 줄납자루 *A. yamatsutae*, 1.97 × 1.74 mm)으로 육안구분이 가능하였다(송과 권, 1989;鈴木과 田, 1990; 백과 송, 2005; private observation; Figs. 2, 3). 참중고기가 산란한 이매패 내 알 및 자어의 위치를 입수공(inhalant siphon)과

연결되는 외투강(mantle cavity), 출수공(exhalant siphon)으로 연결되는 상새강(suprabranchial cavity)으로 구분하였고 그 수를 기록하였다. 다만 참중고기의 이매패 내 산란위치가 현장에서 구분하기 어려운 경우에만 10% formalin solution에 고정하여 실험실로 이동한 후 폐각근을 절단하여 관찰하였다.

4. 산란숙주 선택성 (실험상태)

이매패 중에 따른 참중고기의 산란숙주 이용을 확인하기 위해서 산란되지 않은 이매패 중 자연상태에서 산란이 이루어졌던 작은말조개, 작은대칭이, 꽃체두드럭조개를 방형틀 안에 설치하여 실험하였다. 사용된 방형틀은 50 mm (가로) × 45 mm (세로) × 10 mm (높이)의 플라스틱 바구니를 이용하였다. 총 7회에 걸쳐 동일한 밀도인 10개체씩 3개의 다른 방형틀을 이용하였고 바닥에는 모래를 깔아주어 조개가 파

고들어갈 수 있도록 하였다. 방형틀은 수변부에서 1~3 m 떨어진 곳에 설치하였고 방형틀 간 간격은 1~2m로 하였으며 설치기간은 1~7일로 하였다. 실험에 사용된 이매패의 각장 범위는 꾀체두드럭조개 52.7~71.3 mm (평균 61.3 ± 5.2), 작은대칭이 40.5~71.0 mm (57.0 ± 6.3), 작은말조개 39.5~56.7 mm (46.2 ± 3.8)였다.

결 과

1. 참중고기의 완숙한 알 수

산란관이 신장된 참중고기 암컷의 복부를 압박한 결과 완숙한 알과 미숙한 알이 함께 관찰되었다. 12개체의 암컷에서 채란이 가능하였고 완숙한 알만을 선별하여 계수한 결과 암컷 1개체당 3~27개 (평균 11.4 ± 5.9)를 확인하였고 알 수는 체장의 크기와 관련이 없었다 (Fig. 4). 채란이 가능했던 참중고기의 체장 범위는 60.1~89.5 mm (75.4 ± 9.7)였고, 산란관 길이는 7.0~12.5 mm (10.5 ± 1.9)로 나타났다.

2. 산란숙주 선택성 (자연상태)

조사지점에서 이매패를 산란숙주로 이용하는 어류는 납자루, 묵납자루, 줄납자루의 납자루아과 어류 3종과 참중고기 1종이 확인되었다. 참중고기의 알 및 자어는 납자루아과 어류와 이매패 내에서 육안으로 구분이 가능하였다. 이매패 중 에 따른 산란율을 조사한 결과 납자루아과 어류는 꾀체두드럭조개에서 54.5%로 가장 높았고 작은말조개 6.8%, 작은대칭이 3.3%로 나타났다. 참중고기는 작은대칭이에서 50.0%로 가장 높은 산란율을 보였고 작은말조개 16.2%, 꾀체두드럭조개 11.1%로 나타나 납자루아과 어류의 산란율과는 차이를 보였다. 참중고기와 납자루아과 어류의 알 및 자어가 중복 산란된 이매패는 꾀체두드럭조개 7.7%, 작은대칭이 3.3%, 작은말조개 2.7%였고 칼조개와 재첩에서는 산란된 알이 확인되지 않았다 (Table 1).

참중고기가 입수공에 산란한 알은 이매패의 외투강에서 발생이 진행되지만 출수공으로 산란한 알은 상새강에서 발생이 진행되었다. 이매패에 따른 참중고기가 산란한 알 및 자어의 위치는 꾀체두드럭조개에서 외투강 84.6% (n=22), 상새강 15.4% (n=4)였고, 작은말조개에서 각각 58.3% (n=7), 41.7% (n=5), 작은대칭이에서 80.0% (n=12), 20.0% (n=3)로 나타나 상새강보다는 외투강에서 더 많은 알 및 자어가 확인되었다 (Fig. 5).

이매패 1개체당 산란된 참중고기의 알 및 자어 수는 작은대칭이에서 1~11개 (4.8 ± 3.2)로 가장 많았고 작은말조개 1~12개 (3.4 ± 3.5), 꾀체두드럭조개 1~16개 (2.8 ± 3.2)로 가장 적게 나타났다 (Fig. 6). 조사된 산란숙주의 각장 범위는 작은대칭이 35~59.4 mm (46.8 ± 3.2), 작은말조개 29.2~51.0 mm (40.1 ± 5.0), 꾀체두드럭조개 27.9~80.4 mm (56.4 ± 8.9)였다.

3. 산란숙주 선택성 (실험상태)

조사지점에서 방형틀을 설치하여 실험을 실시한 결과 납자루아과 어류의 산란율은 꾀체두드럭조개에서 48.6%로 가

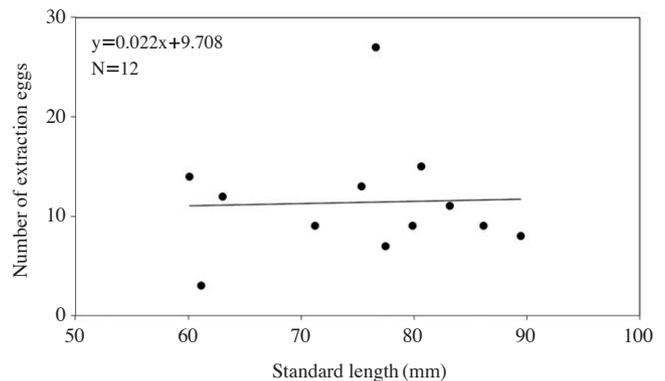


Fig. 4. Number of extraction eggs of individual females of *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae* at the Dalcheon (river) from April to June 2011, 2013.

Table 1. Number and proportion of spawned eggs, larvae, or both from collected mussels at the Dalcheon (river) from April to June 2011, 2013 (wild conditions)

Mussel species	No. of collected mussels	Species of fish					
		Bitterlings		Oily shinner		Bitterlings and Oily shinner	
		*S	†R	*S	†R	*S	†R
Unionidae							
<i>Unio douglasiae sinuolatus</i>	74	5	6.8	12	16.2	2	2.7
<i>Lanceolaria grayana</i>	7	0	0	0	0	0	0
<i>Anodonta arcuiformis flavotincta</i>	30	1	3.3	15	50.0	1	3.3
<i>Lamprotula leai</i>	235	128	54.5	26	11.1	18	7.7
Corbiculidae							
<i>Corbicula fluminea</i>	34	0	0	0	0	0	0

*S: No. of spawned egg, larvae, or both, †R: Oviposition rate (%)

장 높았고 작은말조개에서 7.1%, 작은대칭이에서 0%로 나타났다. 참중고기의 산란율은 작은대칭이에서 27.1%로 가장 높게 나타났고 꾀뚜르조개 24.3%, 작은말조개 11.4%순이었다. 참중고기와 납자루아과 어류의 알이 중복 산란된 이미패는 꾀뚜르조개에서 14.3%로 가장 높았고 작은말조개와 작은대칭이는 0%로 나타났다(Table 2).

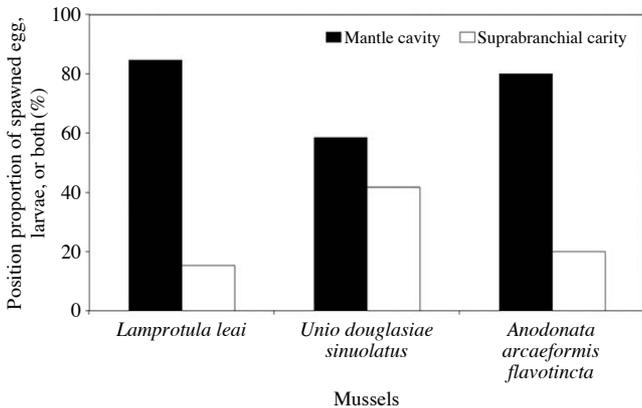


Fig. 5. Position proportion of spawned egg, larvae, or both of *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae* in 3 mussels at the Dalcheon (river) from April to June 2011, 2013 (wild conditions).

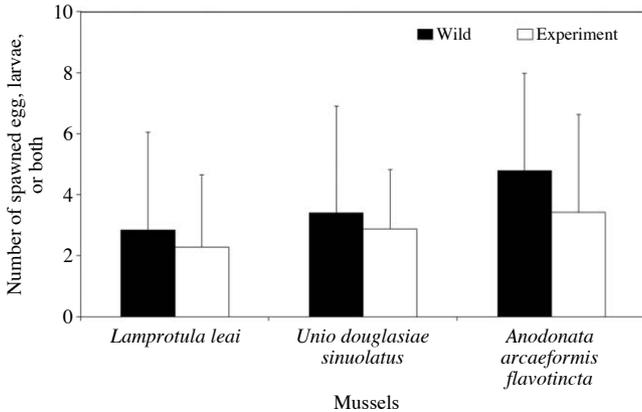


Fig. 6. Number of spawned eggs, larvae, or both of *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae* in 3 mussels at the Dalcheon (river) from April to June 2011, 2013 (wild and experiment conditions).

참중고기가 산란한 알의 위치는 꾀뚜르조개에서 외투강 70.6% (n=12), 상새강 29.4% (n=5)였고, 작은말조개에서 각각 50.0% (n=4), 50.0% (n=4), 작은대칭이에서 73.7% (n=14), 26.3% (n=5)로 나타나 자연상태와 유사하게 외투강에서 더 많은 알이 관찰되었다(Fig. 7).

조개 1개체당 산란된 참중고기의 알 수는 작은대칭이에서 1~14개 (평균 3.4±3.2)로 가장 많았고 작은말조개 1~6개 (2.9±2.0), 꾀뚜르조개 1~10개 (2.3±2.4)로 가장 적게 나타나서 자연상태의 결과와 유사한 경향을 보였다(Fig. 6).

고찰

중고기속 어류와 납자루아과 어류는 이매패의 체내에 산란하고 자어는 난황흡수를 마칠 때까지 체내에서 보내기 때문에 절대적인 상호관계를 형성하고 있다(Kitamura, 2008). 유사한 산란생태를 보이며 진화한 납자루아과 어류는 이매패 주위에서 수컷이 세력권을 형성하고 비교적 긴 산란관을 이용하여 출수공에 산란하며 알의 발생은 아가미(gill) 내에서 일어나게 된다(Smith et al., 2004). 그러나 중고기속 어류는 암컷과 수컷이 평행으로 줄을 서면서 비교적 짧은 산란

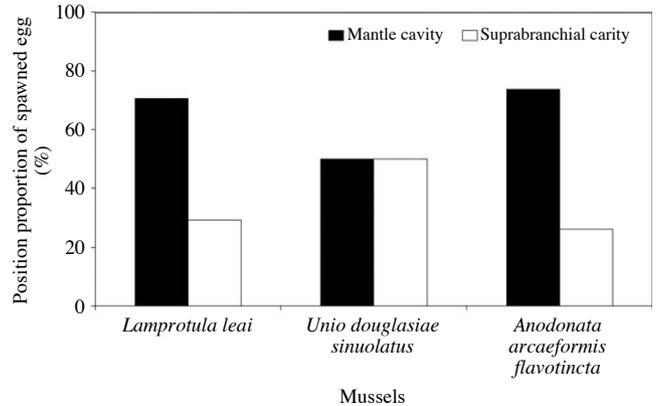


Fig. 7. Position proportion of spawned egg of *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae* in 3 mussels at the Dalcheon (river) from April to June 2011, 2013 (experiment conditions).

Table 2. Number and proportion of spawned eggs, larvae, or both from three mussels at the Dalcheon (river) from April to June 2011, 2013 (experiment conditions)

Mussel species	No. of used mussels	Species of fish					
		Bitterlings		Oily shinner		Bitterlings and Oily shinner	
		*S	†R	*S	†R	*S	†R
Unionidae							
<i>Unio douglasiae sinuolatus</i>	70	5	7.1	8	11.4	0	0
<i>Anodonta arcaeformis flavotincta</i>	70	0	0	19	27.1	0	0
<i>Lamprotula leai</i>	70	34	48.6	17	24.3	10	14.3

*S: No. of spawned egg, larvae, or both, †R: Oviposition rate (%)

관을 이용하여 조개의 입수공에 산란하여 알의 발생은 외투강 안에서 진행된다(Kitamura, 2011).

12개체의 참중고기 복부를 압박하여 채란한 알 수는 3~27개 (평균 11.4 ± 5.9)로 동일 속의 중고기 14~29개 (평균 20.6)보다는 적게 나타났다(강 등, 2007). 본 조사에서 이매패 1개체당 산란된 참중고기의 알 및 자어 수는 작은대칭이 1~11개 (4.8 ± 3.2), 꾀체두드럭조개 1~16개 (2.8 ± 3.2), 작은말조개 1~12개 (3.4 ± 3.5)로 나타났다(Fig. 6) 복부를 압박했을 때 미숙한 알도 함께 확인되었다. Yan *et al.* (2012)은 *S. nigripinnis*의 난경을 분석한 결과 2개의 정점을 이루고 있기 때문에 batch spawners라고 제안하였는데 본 중도 완숙한 알과 미숙한 알이 동시에 채란되었고 이매패 내에서 확인된 알 수도 채란하여 얻은 완숙한 알 수보다 적은 점으로 미루어 다회 산란하는 유형으로 추정된다.

본 연구 장소에는 참중고기 외에 이매패에 산란하는 어류로 납자루, 목납자루, 줄납자루가 동소적으로 서식하고 있었는데 납자루의 산란관길이는 17.5~18.9 mm (18.4 ± 0.8), 목납자루는 18.3~25.0 mm (22.0 ± 2.0), 줄납자루는 21.6~51.0 mm (36.9 ± 7.8)로 참중고기의 7.0~12.5 mm (10.5 ± 1.9)보다 모두 긴 특징을 가졌다(김, 2014). 목납자루, 줄납자루는 긴 산란관으로 출수공을 통해 아가미 깊숙한 곳에 주로 산란하여 조기토출을 방지하였고, 상대적으로 산란관이 짧은 납자루는 난괴(egg mass)를 형성하여 산란하였으며(private observation), 참중고기는 출수공보다 입수공을 통해 외투강에 주로 산란하였다. 특히 참중고기 알은 수정 후 지름 3~4 mm 까지 팽창하여 외투강에서 밖으로 빠지지 않을 정도로 커지는데 이는 이매패 밖으로의 조기 토출을 방지하고 난황을 흡수할 때까지 납자루아과 어류의 알 및 자어와 산소, 산란 위치를 두고 경쟁을 피하기 위한 생태지위분할(niche partitioning) 현상이 나타난 것으로 생각된다(Hirai, 1964; Kondo *et al.*, 1984; Nagata and Nakata, 1988; Fukuhara *et al.*, 1998; Kitamura, 2007).

참중고기가 산란하는 위치를 상새강과 외투강으로 구분하여 확인한 결과 3종의 이매패에서는 자연상태에서 22.6%, 실험에서 31.8%의 비율로 상새강에서도 산란이 확인되었다(Figs. 5, 7). 이 중 작은말조개에서는 특히 상새강에 45.0%의 높은 산란율이 나타났는데 이는 꾀체두드럭조개와 작은대칭이보다 각장과 각폭이 작아 외투강의 공간이 작기 때문으로 추정되지만 조개의 토출율, 공간의 크기 등 생리학적, 해부학적 구조와 연관하여 지속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

본 연구결과 참중고기는 작은대칭이를 산란속주로 가장 선호하였고 5종의 이매패 가운데 3종을 산란속주로 이용하였는데 송과 권(1994)의 연구에서 중고기속 어류가 작은대칭이, 작은말조개, 펄조개 *A. woodiana*도 속주로 이용한다는 결과와 유사하였고 본 중은 여러 종의 이매패를 산란속주로 이용하는 것으로 판단된다. 중고기는 얇은재첩과 재첩에만

산란한다고 보고한 바 있는데(강 등, 2007) 본 연구에서 참중고기의 알은 재첩에서는 확인되지 않았다. 이는 재첩의 크기가 매우 작았고 채집된 개체수가 적었기 때문으로 생각되어 추후 많은 연구가 필요하다.

중고기속 어류는 납자루아과 어류와 유사하게 담수산 이매패를 산란속주로 이용하지만 아시아부터 유럽지역까지 다소 넓은 분포 범위를 보이는 납자루아과 어류에 비해서 동아시아에만 국한적으로 서식하고 있고 연구도 매우 미비한 실정이다(Bănărescu and Nalbant, 1973; Smith *et al.*, 2004; Damme *et al.*, 2007; Zhang *et al.*, 2008). 특히, 본 속 어류는 납자루아과 어류와 더불어 담수산 이매패를 산란속주로 이용하는 특징이 있고 하천의 수질오염, 하상공사 등으로 서식지 환경이 매우 불안정하여 생존에 대한 위협성이 크다. 이에 본 종의 보전을 위한 개체군 생태, 하천군집, 산란속주, 미세서식처 등에 관한 지속적인 연구와 관심이 필요하다고 생각된다.

요 약

2011년과 2013년 4~6월까지 충청북도 괴산군 청천면 달천 일대에서 참중고기의 산란속주조개 이용에 관한 연구를 실시하였다. 참중고기 암컷에서는 완숙한 알과 미숙한 알을 같이 보유하고 있었고 완숙한 알 수는 이매패 내에서 확인된 알 수보다 많은 점으로 미루어 본 종은 여러 차례 산란하는 batch spawners로 생각된다. 조사지점에서는 작은말조개, 칼조개, 작은대칭이, 꾀체두드럭조개, 재첩의 5종의 담수산 이매패가 서식하였으나 참중고기는 자연상태에서 작은대칭이(산란율 50.0%), 작은말조개(16.2%), 꾀체두드럭조개(11.1%)의 이매패에만 산란하였다. 참중고기의 산란은 출수공에서 연결되는 상새강(자연상태: 22.6%, 실험: 31.8%)보다 입수공에서 연결되는 외투강(77.4%, 68.2%)에서 주로 이루어지는 것으로 확인되었다. 유사한 산란생태를 가진 납자루아과 어류는 산란속주로 꾀체두드럭조개, 참중고기는 작은대칭이를 가장 선호하였다. 이러한 차이는 경쟁을 피하기 위한 생태지위분할 현상이 나타난 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

강연중 · 양 현 · 이흥현 · 김응오 · 김치홍. 2007. 중고기(*Sarcocheilichthys nigripinis morii*)의 산란속주 선택 및 초기 생활사 특성. 한국환경생물학회지, 25: 370-377.
 국립생물자원관. 2011. 한국의 멸종위기 야생동·식물 적색자료집(어류). 국립생물자원관, 202pp.
 김익수. 1997. 한국동식물도감, 제37권 동물편(담수어류). 교육부, 629pp.

- 김익수 · 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 467pp.
- 김형수. 2014. 묵납자루 *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae)의 산란생태와 증보전. 전북대학교 박사학위논문, 159pp.
- 민덕기 · 이준상 · 고동범 · 제종길. 2004. 한국패류도감. 도서출판 한글, 566pp.
- 백현민 · 송호복. 2005. 묵납자루, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae)의 난 형태와 초기생활사. 한국생태학회지, 28: 281-286.
- 손영목. 1991. 충청북도산 담수어류. 서원대학교 기초과학연구소 총, 5('91. 12), pp. 1-38.
- 송호복 · 권오길. 1989. 의암호에 서식하는 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae* Mori)의 산란 및 발생 특성에 관한 연구. 한국육수학회지, 22: 51-70.
- 송호복 · 권오길. 1994. 줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae* (Cyprinidae)의 패류 체내 산란. 한국어류학회지, 6: 39-50.
- 최신석 · 정승현. 2001. 보은, 상주, 속리산일대의 담수어류. 제2차 전국자연환경조사보고서(환경부), pp. 373-432.
- 鈴木伸洋 · 田祥麟. 1990. 웅천천 수계산 납자루의 개체발생. 한국어류학회지, 2: 77-87.
- 前畑政善. 2010. カワヒガイ. 環境省自然環境局野生生物課, 50pp.
- Bănărescu, P. and T.T. Nalbant. 1973. Pisces Teleostei Cyprinidae (Gobioninae). Berlin: Walter de Gruyter, Berlin, 304pp.
- Damme, V.D., N. Bogutskaya, R.C. Hoffmann and C. Smith. 2007. The introduction of the European bitterling (*Rhodeus amarus*) to west and central Europe. Fish and Fisheries, 8: 79-106.
- Fukuhara, S., W. Maekawa and Y. Nagata. 1998. Comparison of utilization of freshwater mussels for deposition of the bitterlings in three creeks of northwest Kyushu. Memoirs Osaka Kyoiku University III Natural Science and Applied Science, 47: 27-38. (in Japanese)
- Hirai, K. 1964. Comparative studies on ecology of four species of bitterlings in the Lake Biwa. Physiol. Ecol. Japan, 12: 72-81. (in Japanese)
- Kitamura, J. 2007. Reproductive ecology and host utilization of four sympatric bitterling (Acheilognathinae, Cyprinidae) in a lowland reach of the Harai River in Mie, Japan. Environ. Biol. Fish, 78: 37-55.
- Kitamura, J. 2008. Bitterling fishes (Cyprinidae: Acheilognathinae): current threats and conservation. Jpn. J. Ichthyol., 55: 139-144. (in Japanese)
- Kitamura, J. 2011. Host mussel utilization by *Sarcocheilichthys variegatus variegatus* (Cyprinidae, Sarcocheilichthyinae) in a drainage ditch and the Harai River of the Kushida River system, Japan. Jpn. J. Ichthyol., 58: 195-198. (in Japanese)
- Kondo, T., J. Yamashita and M. Kano. 1984. Breeding ecology of five species of bitterling (Pisces: Cyprinidae) in a small creek. Physiol. Ecol. Japan, 21: 53-62.
- Luo, Y.L., P.Q. Yue and Y.Y. Chen. 1977. Gobioninae. In: Wu, X.W. (Ed.). The cyprinid fish of China (II). Shanghai: Shanghai People's Press, pp. 436-549. (in Chinese)
- Nagata, Y. and Y. Nakata. 1988. Distribution of six species of bitterlings in a creek in Fukuoka Prefecture. Jpn. J. Ichthyol., 35: 320-331.
- Nakamura, M. 1969. Cyprinid fish of Japan. Studies on the life history of cyprinid fishes of Japan. Res. Inst. For Natural Resources. Tokyo, 455pp. (in Japanese)
- Negishi, J.N., Y. Kayaba, K. Tsukahara and Y. Miwa. 2008. Unionoid mussels as imperiled indicator organisms: habitat degradation processes and restoration approaches. Ecol. Civil Eng., 11: 195-211. (in Japanese)
- Smith, C., M. Reichard, P. Jurajda and M. Przybylski. 2004. The reproductive ecology of the European bitterling (*Rhodeus sericeus*). J. Zool., Lond., 262: 107-124.
- Yan, Y., Y. Xu, L. Chu, S. He and Y. Chen. 2012. Age, growth and reproduction of *Sarcocheilichthys nigripinnis* from the Qingyi stream in the Huangshan Mountains. Zool. Res., 33: 25-31.
- Yue, P.Q. 1998. Gobioninae. Fauna Sinica (Osteichthyes: Cypriniformes II) In: Chen, Y.Y. (ed.), Beijing: Science Press, pp. 232-389. (in Chinese)
- Zhang, L., Q.Y. Tang and H.Z. Liu. 2008. Phylogeny and speciation of the eastern Asian cyprinid genus *Sarcocheilichthys*. J. Fish. Biol., 72: 1122-1137.